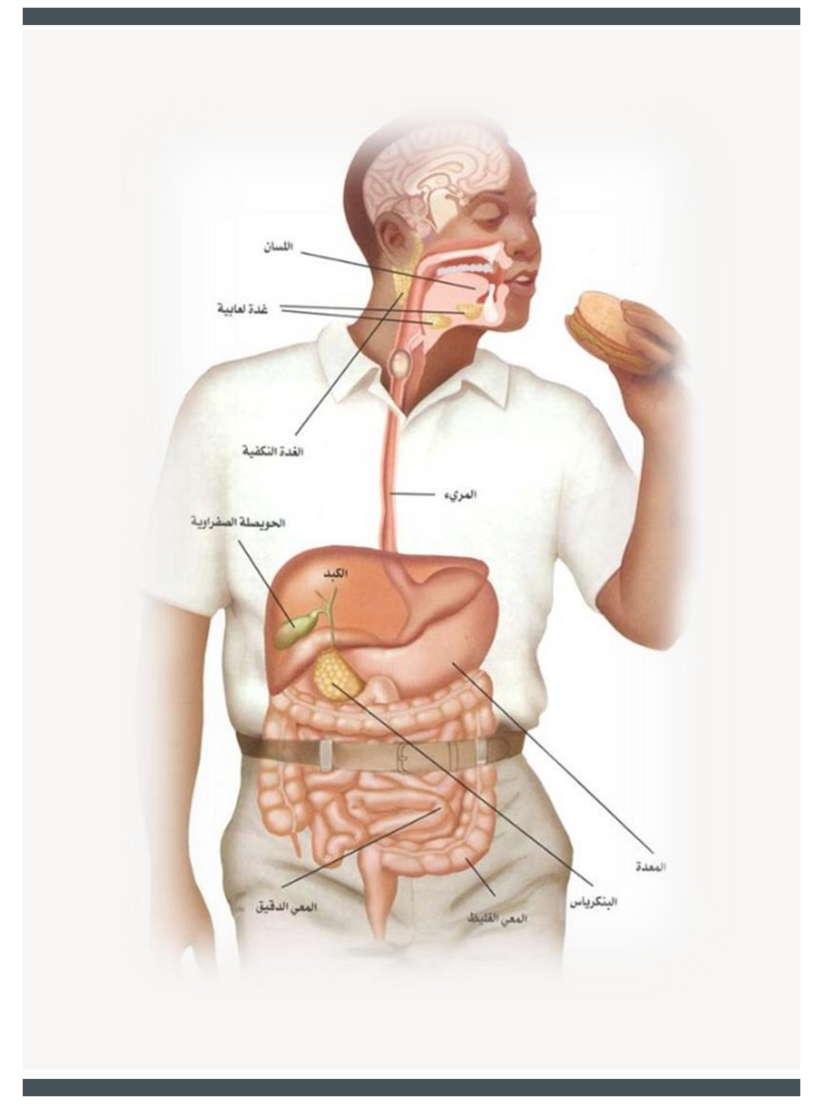


هيكل الجهاز الهضمي والعمليات الهضمية والامتصاص وتنسيق وتنظيم عملية الهضم

الجهاز الهضمي

- عمل الجهاز الهضمي في جسم الإنسان باستمرار دون توقف، سواء أكان الإنسان مستيقظًا أو نائمًا، يقف بشكل مستقيم أو حتى رأسًا على عقب. ويتمكن الجهاز الهضمي من العمل على هذا النحو باستخدام العضلات والمواد الكيميائية لهضم الأطعمة التي نتناولها وتكسيرها إلى قطع أصغر حجمًا.
- للجهاز الهضمي العديد من أوجه التكيف الرائعة التي تسمح له بأداء هذه الوظائف. هل تعلم أن مساحة السطح الداخلي للأمعاء الدقيقة تبلغ حوالي 250 مترًا مربعًا، أي ما يساوي مساحة ملعب تنس؟ هل تعلم أيضًا أن قرقرة المعدة تحدث عند مرور الطعام والغازات والسوائل عبر الجهاز الهضمي، ويكون صوت القرقرة أعلى عندما يكون الشخص جائعًا لعدم وجود طعام يكتم هذا الصوت؟
- في هذا الشرح، سنتناول التركيب الأساسي للجهاز الهضمي في جسم الإنسان ثم سنتناول بالتفصيل وظائف الفم والمريء والمعدة والبنكرياس والأمعاء الدقيقة، وكذلك أوجه تَكيُّف كل منها.

الجهاز الهضمي

- الهضم هو عملية يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر. تُعد هذه العملية ضرورية؛ لأنه يجب تكسير المُغذِّيات الكبيرة الموجودة في الأطعمة التي نتناولها إلى جزيئات صغيرة بما يكفي ليسهل امتصاصها إلى مجرى الدم.
- وتتكسَّر هذه الجزيئات الكبيرة إلى الوحدات الفرعية الأصغر المكوِّنة لها من خلال إنزيمات يختص كل منها بنوع الركيزة الذي يعمل على تكسيرها. فعلى سبيل المثال، تتكسَّر بوليمرات البروتينات من خلال مجموعة من الإنزيمات تُسمَّى «إنزيمات البروتييز».
- وباكتمال عملية التكسير هذه، تنتقل المونومرات من الجهاز الهضمي إلى الشعيرات الدموية المحيطة. يحمل الدم بعد ذلك هذه المغذِّيات الأصغر إلى خلايا الجسم التي تستخدمها لبناء مجموعة متنوعة من الجزيئات يستفيد منها الجسم.



الجهاز الهضمي

- الهضم هو عملية يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر. تُعد هذه العملية ضرورية؛ لأنه يجب تكسير المُغذِّيات الكبيرة الموجودة في الأطعمة التي نتناولها إلى جزيئات صغيرة بما يكفي ليسهل امتصاصها إلى مجرى الدم.
- وتتكسَّر هذه الجزيئات الكبيرة إلى الوحدات الفرعية الأصغر المكوِّنة لها من خلال إنزيمات يختص كل منها بنوع الركيزة الذي يعمل على تكسيرها. فعلى سبيل المثال، تتكسَّر بوليمرات البروتينات من خلال مجموعة من الإنزيمات تُسمَّى «إنزيمات البروتييز».
- وباكتمال عملية التكسير هذه، تنتقل المونومرات من الجهاز الهضمي إلى الشعيرات الدموية المحيطة. يحمل الدم بعد ذلك هذه المغذِّيات الأصغر إلى خلايا الجسم التي تستخدمها لبناء مجموعة متنوعة من الجزيئات يستفيد منها الجسم.



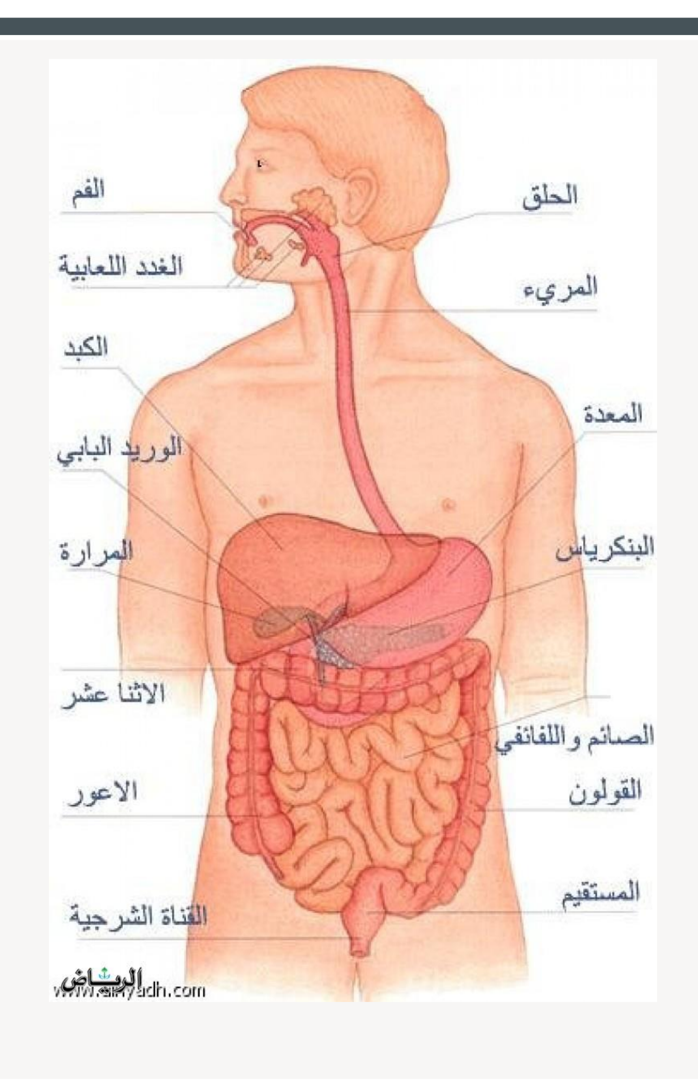


تعريف: الهضم

الهضم هو العملية التي يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر، والتي يمكن للجسم امتصاصها والاستفادة منها.

تعريف: الإنزيم

الإنزيم عامل حفّاز حيوي يعمل على زيادة سرعة معدل التفاعلات دون أن يُستهلَك أثناء التفاعل.



مثال ١: تحديد الوظيفة الرئيسية للجهاز الهضمي

ما الوظيفة الرئيسية للجهاز الهضمي؟

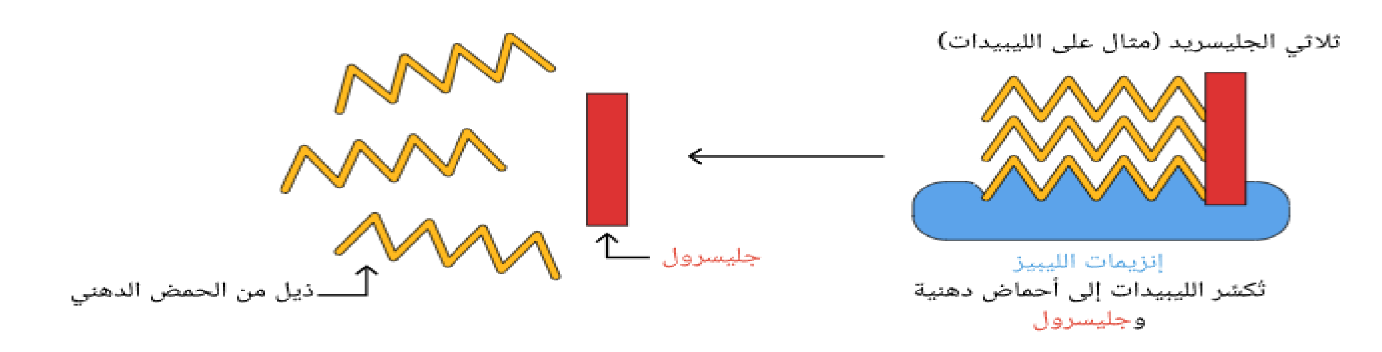
أ. جمع ومعالجة المعلومات من المثيرات الخارجية والداخلية.
ب. تكسير الجزيئات الكبيرة غير القابلة للذوبان إلى جزيئات أصغر قابلة للذوبان.
ج. تخليق جزيئات كبيرة من جزيئات أصغر.
د. تنظيم الأيض والتنفس الخلوي.
ه. الحفاظ على استقرار البيئة الداخلية.



الحل

الهضم هو عملية يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة غير القابلة للذوبان، مثل الدهون، إلى وحدات فرعية أصغر. تُعد هذه العملية ضرورية؛ لأنه يجب تكسير المُغذّيات الكبيرة الموجودة في الأطعمة التي نتناولها إلى جزيئات صغيرة بما يكفي لتسمح بامتصاصها إلى داخل مجرى الدم. وتتكسّر هذه الجزيئات الكبيرة إلى الوحدات الفرعية الأصغر المكوّنة لها من خلال إنزيمات يختص كل منها بنوع الركيزة الذي يعمل على تكسيرها.

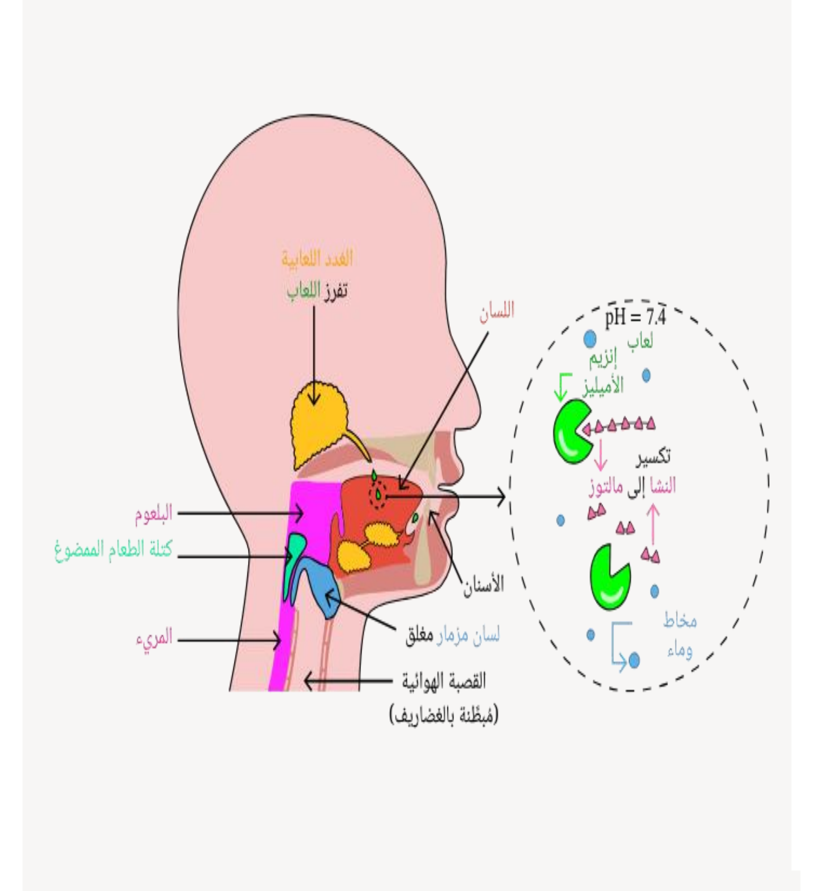
على سبيل المثال، الدهون (الليبيدات) هي جزيئات كبيرة غير قابلة للذوبان. تتكسر هذه الدهون (الليبيدات) من خلال مجموعة من الإنزيمات تُسمَّى «إنزيمات الليبيز» لتكوين وحدات فرعية أصغر قابلة للذوبان من الأحماض الدهنية والجليسرول.



وباكتمال عملية التكسير هذه، تنتقل الوحدات الفرعية من الجهاز الهضمي إلى الأوعية اللبنية المحيطة التي تربط الأمعاء الدقيقة بالجهاز الليمفاوي، ثم تدخل مجرى الدم من خلال موضع اتصال أوسع. يحمل الدم بعد ذلك هذه المغذّيات القابلة للذوبان إلى خلايا الجسم التي تستخدمها لبناء مجموعة متنوعة من الجزيئات يستفيد منها الجسم.

إذن، الوظيفة الرئيسية للجهاز الهضمي هي تكسير الجزيئات الكبيرة غير القابلة للذوبان إلى جزيئات أصغر قابلة للذوبان.





سنتناول الآن النوعين الرئيسيين للهضم، اللذين يتحددان بناءً على كيفية تكسير الطعام، وهما: الهضم الكيميائي والهضم الميكانيكي.

يشير مصطلح «الهضم الكيميائي» إلى تكسير جزيئات المغذيات الكبيرة بواسطة الإنزيمات.

مصطلح رئيسي: الهضم الكيميائي

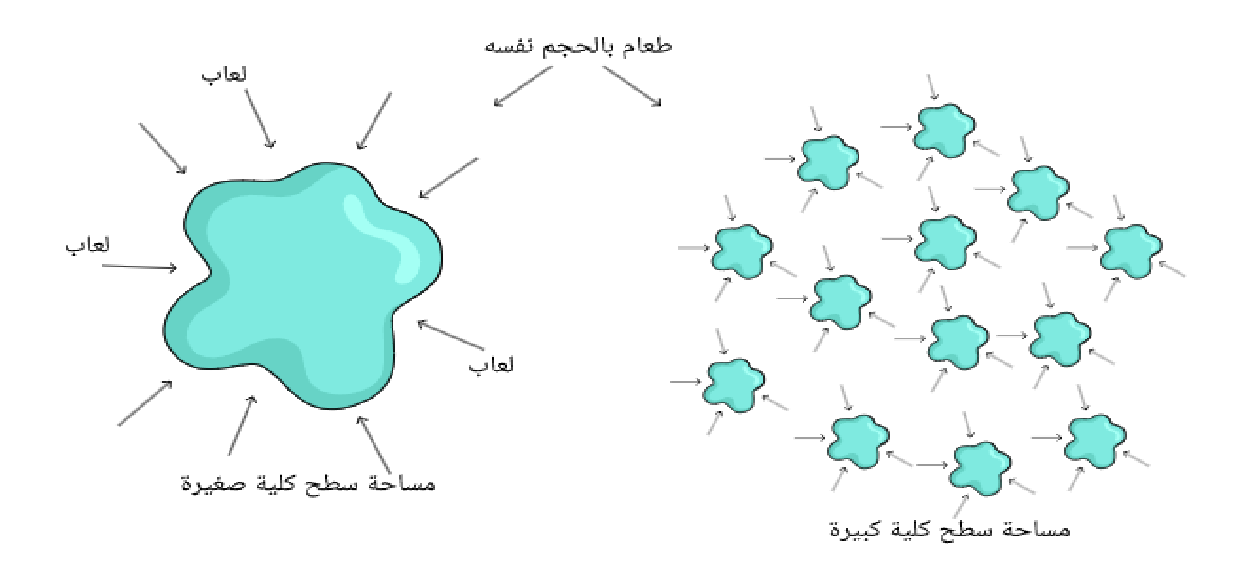
الهضم الكيميائي هو العملية التي تتكسر فيها جزيئات الطعام الكبيرة إلى وحدات فرعية أصغر بواسطة الإنزيمات.

مصطلح رئيسي: الهضم الميكانيكي

الهضم الميكانيكي هو العملية الفيزيائية التي يتكسر فيها الطعام إلى قطع أصغر من خلال الأسنان والعضلات لزيادة مساحة السطح التي يعمل عليها الهضم الكيميائي.



الهضم الميكانيكي هو العملية الفيزيائية التي يطحن فيها الطعام إلى قطع أصغر من خلال تراكيب مثل الأسنان في الفم والعضلات في المعدة. وتسهِّل هذه العملية على الإنزيمات هضم الطعام؛ لأنها تزيد من مساحة السطح التي يمكن أن تعمل عليه هذه الإنزيمات. يمكننا أن نرى طريقة حدوث هذه العملية في الشكل 1 الآتي.



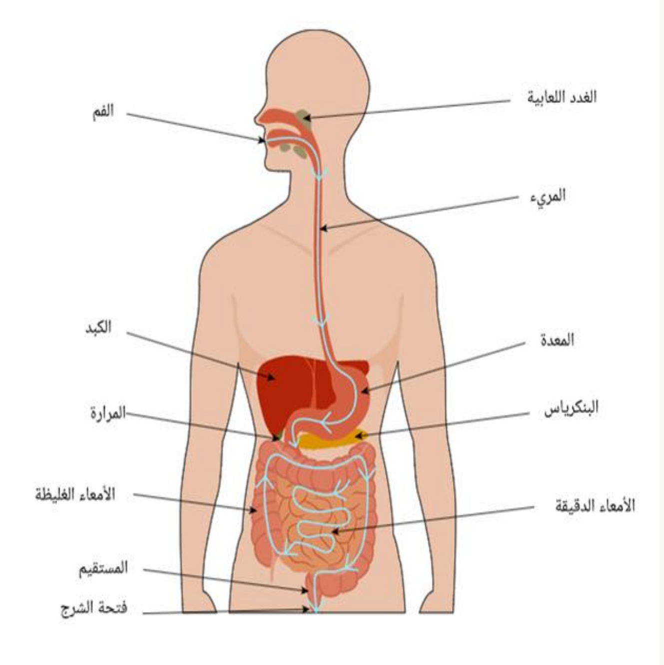
الشكل 1: شكل يوضح كيفية تكسير طعام له حجم كبير ومساحة سطح صغيرة من خلال المضغ الميكانيكي باستخدام الأسنان لزيادة نسبة مساحة السطح إلى الحجم.

نلاحظ في الشكل 1 أن الهضم الميكانيكي باستخدام الأسنان على سبيل المثال، يعمل على زيادة مساحة السطح لكتلة الطعام الممضوغ مقارنةً بحجمها. ويعني هذا وجود مساحة سطح أكبر لتعمل عليها الإنزيمات الموجودة في اللعاب على سبيل المثال، لتكسير المغذيات الموجودة في كتلة الطعام الممضوغ إلى قطع أصغر من ذلك.



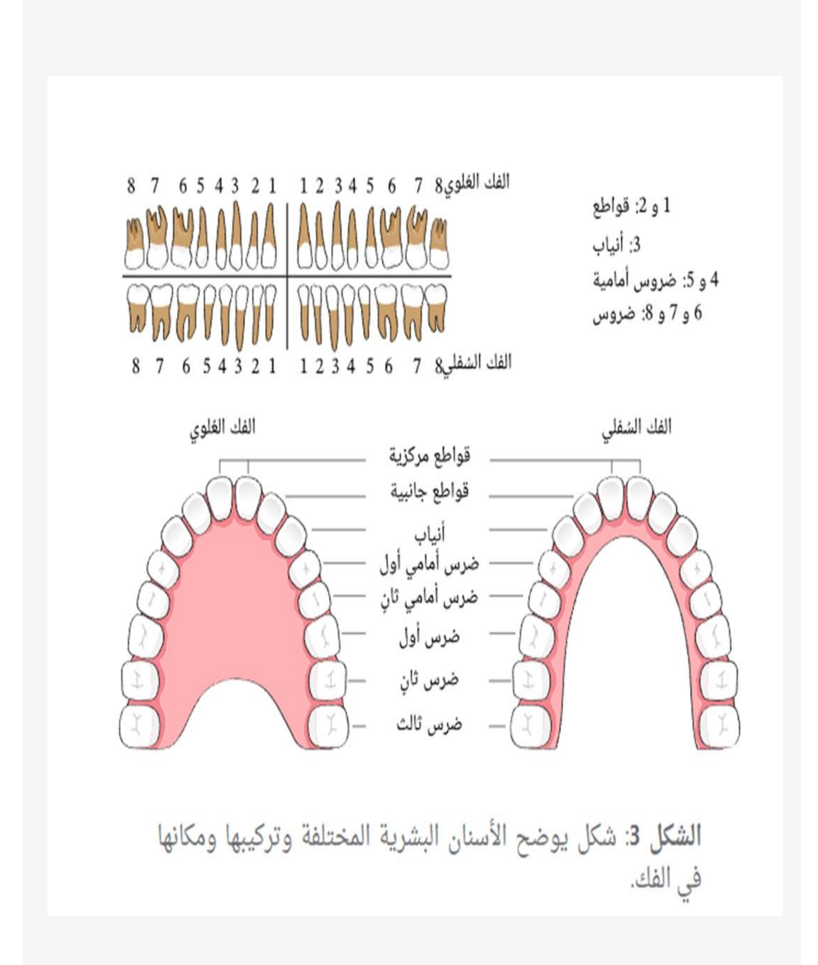
الجهاز الهضمي

- دعونا نلقِ نظرة على المسار الذي يسلكه الطعام عند دخوله الجسم ونرى الأدوار المهمة التي تلعبها أعضاء الجهاز الهضمي في عملية الهضم. يمكننا أن نرى الأعضاء الرئيسية المسئولة عن عمليات الهضم في الشكل 2؛ حيث يظهر الاتجاه الذي يسلكه الطعام في شكل أسهم باللون الأزرق الفاتح.
- ربما نكون قد لاحظنا أن الطعام لا يمر بكل الأعضاء الموضحة في الشكل 2. تُسمى الأعضاء التي تلعب دورًا في عملية الهضم لكنها ليست جزءًا من القناة الهضمية لعدم مرور الطعام بها «الأعضاء الملحقة». والأعضاء الملحقة الرئيسية بالجهاز الهضمي في جسم الإنسان هي الغدد اللعابية والبنكرياس والكبد والمرارة



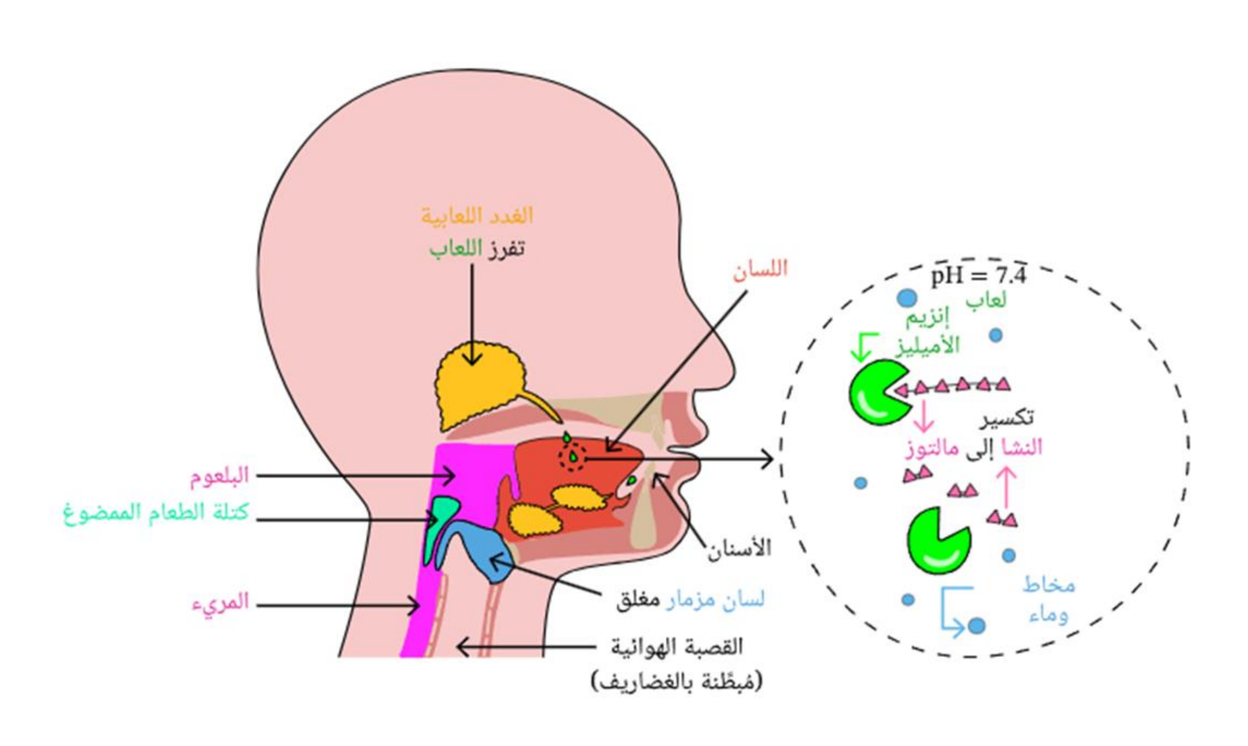
الشكل 2: شكل يوضح الأعضاء الرئيسية التي يتكون منها الجهاز الهضمي في جسم الإنسان؛ حيث تشير الأسهم باللون الأزرق الفاتح إلى المسار الذي يسلكه الطعام.

- دعونا نلقِ نظرة تفصيلية على الدور الذي يلعبه كل عضو من أعضاء الجهاز الهضمي، وسنبدأ بالهضم في الفم.
- يشير «الهضم في الفم» إلى عملية الهضم التي تحدث داخل الفم، والتراكيب الرئيسية المشاركة فيها هي الأسنان واللسان والغدد اللعابية. ونلاحظ في الشكل 3 أن الأسنان البشرية مُهيَّأة تمامًا لمضغ جميع أنواع الأطعمة؛ حيث إن الإنسان كائن خليط التغذية؛ أي إنه يتغذّى على المنتجات الحيوانية والنباتية.
- تعمل القواطع الموجودة في مقدمة الفك على تقطيع الطعام، بينما تعمل الأنياب الحادة المجاورة لها على إمساك الطعام ثم تمزيقه إلى أجزاء أصغر. وفي مؤخرة الفك، تعمل الضروس الأمامية والضروس على طحن الطعام لتوفير مساحة سطح أكبر له.
- هذه كلها أمثلة على الهضم الميكانيكي الذي يحدث باستخدام عضلات الفك لتكسير الطعام وطحْنِه.



الشكل 3: شكل يوضح الأسنان البشرية المختلفة وتركيبها ومكانها في الفك.

- غالبًا ما نعد اللسان وسيلة لتذوُّق الطعام، ولكنه يلعب دورًا مهمًّا أيضًا في تحريك الطعام ومساعدة الأسنان في الهضم الميكانيكي. تعمل ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية على إفراز اللعاب داخل الفم كما هو موضح بالشكل 4.
- ويحتوي اللعاب على المخاط لتليين الطعام بجعله أكثر سيولة، كما يحتوي على إنزيم الأميليز.



الشكل 4: شكل يوضح مكونات الهضم في الفم. ويوضح الجزء الموجود على يمين الشكل صورة مكبرة لعملية تكسير النشا عن طريق إنزيمات الأميليز الموجودة في اللعاب.

الجهاز الهضمي

- فيبدأ الأميليز في تحفيز عملية تكسير النشا المتعدد السكريات الموجود في الطعام إلى سكر المالتوز الثنائي من خلال عملية تُسمَّى «التحلُّل المائي».
- وعندما يصل المالتوز إلى الأمعاء الدقيقة، فإنه يتكسر من خلال إنزيمات المالتيز ليتحول إلى سكر أحادي يُسمَّى «الجلوكوز». يمكننا أن نرى طريقة حدوث هذه العملية على يمين الشكل 4، الذي يوضح رسمًا مكبرًا لعملية تكسير النشا بواسطة اللعاب.
- وتزيد فعالية إنزيمات الأميليز في الظروف القلوية الضعيفة؛ حيث تبلغ قيمة الرقم الهيدروجيني 7.4 تقريبًا.

مصطلح رئيسي: الهضم في الفم

الهضم في الفم هو عملية تتضمن الهضم الميكانيكي عن طريق الأسنان واللسان، والهضم الكيميائي للكربوهيدرات عن طريق إنزيمات الأميليز الموجودة في اللعاب.

الجهاز الهضمي

- توجد أنبوبتان في الجزء الخلفي من الفم كما هو موضح في الشكل 4 وهما: القصبة الهوائية التي تمتد إلى الرئتين، والمريء الذي يمتد إلى المعدة.
- ولمنع دخول الطعام إلى القصبة الهوائية والرئتين، ترتفع القصبة الهوائية والحنجرة (صندوق الصوت) عند وصول كتلة الطعام الممضوغ إلى البلعوم في مؤخرة الفم.
- فيتسبب ذلك في انغلاق سديله تُسمَّى «لسان المزمار» في مؤخرة الحلق لتغطي مدخل القصبة الهوائية.
- عادةً ما يكون لسان المزمار مفتوحًا ليسمح بمرور الغازات عبر القصبة الهوائية إلى الرئتين.
- لكنه يظهر في الشكل 4 مغلقًا حتى لا تدخل أية أطعمة أو مشروبات إلى القصبة الهوائية؛ ومن ثَمَّ تمر عبر المريء فقط. وإذا لم ينغلق لسان المزمار، فإن الأطعمة أو المشروبات قد تدخل إلى الرئتين وتسبب الاختناق.



الجهاز الهضمي

- بمجرد دخول الطعام إلى المريء، فإنه ينتقل بعد ذلك إلى المعدة. والمريء هو عبارة عن أنبوب طويل به غدد تفرز مزيدًا من المخاط على كتلة الطعام الممضوغ، وله بطانة بها عضلات حلقية. يوضح الشكل 5 طريقة انقباض هذه العضلات وانبساطها بشكل منتظم لدفع كتلة الطعام الممضوغ عبر المريء حتى تصل إلى المعدة. تُسمَّى هذه العملية «الحركة الدودية»، وتحدث في الكثير من تراكيب الجهاز الهضمي، مثل: المريء والأمعاء والمعدة. وتساعد هذه الحركة الدودية في تحريك الطعام وخلْطِه بالعصارات الهضمية.

مصطلح رئيسي: المريء

المريء هو أنبوب طويل يمتد من الفم إلى المعدة. وتحتوي بطانته على خلايا تعمل على إفراز المخاط، وعضلات حلقية مسئولة عن حدوث الحركة الدودية.



الجهاز الهضمي

- دعونا نلقِ نظرة فيما يأتي على الهضم في المعدة، الذي يشير إلى العمليات التي تحدث داخل المعدة.
- عندما تقترب كتلة الطعام الممضوغ من نهاية المريء، فإنها تصل إلى حلقة عضلية سميكة تُسمَّى «العضلة العاصرة الفؤادية». عادةً ما تكون العضلة العاصرة الفؤادية مُغلقة، إلا أنها تنفتح عند وصول كتلة الطعام الممضوغ إليها لتسمح للحركات الدودية بدفع كتلة الطعام هذه خارج المريء إلى داخل المعدة.

مصطلح رئيسي: الحركة الدودية

الحركة الدودية هي مجموعة من الانقباضات والانبساطات المنتظمة للعضلات الحلقية، وتحدث على سبيل المثال في المريء والأمعاء لنقل الطعام عبرهما وخلط كتلة الطعام الممضوغ بالعصارات الهضمية.

منطقة انقباض
كتلة الطعام الممضوغ
منطقة انبساط

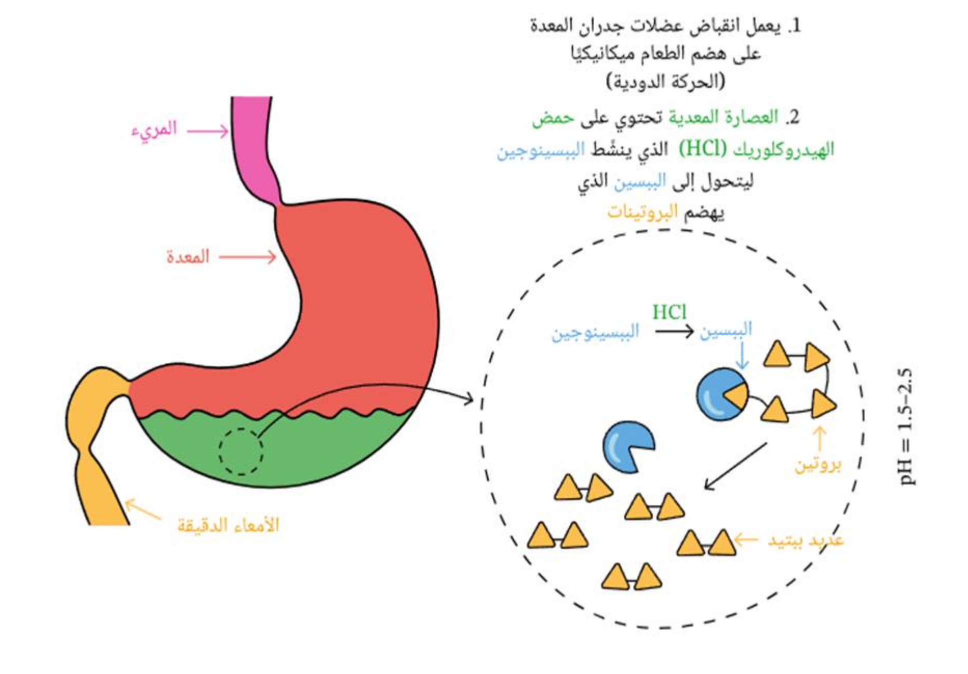
الشكل 5: شكل يوضح الحركة الدودية التي تحدث من خلال مجموعة من الانقباضات والانبساطات المنتظمة للعضلات الحلقية في المريء.



الجهاز الهضمي



- المعدة عبارة عن كيس عضلي له القدرة على تحريك الطعام من خلال الحركة الدودية. وبمجرد وصول كتلة الطعام الممضوغ إلى المعدة، فإنها تختلط بالعصارة المَعِدية لتصبح ما يُسمَّى «الكيموس».
- تتكون العصارة المعدية، التي تُسمَّى أحيانًا «حمض المعدة»، من حمض هيدروكلوريك قوي ومادة تُسمَّى «البِبسينوجين».
- يساعد حمض الهيدروكلوريك من جهتين. أولًا، يمنع الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، التي نكون قد ابتلعناها، من الانتقال إلى باقي أجزاء الجهاز الهضمي أو إلى مجرى الدم. ويوفر حمض الهيدروكلوريك أيضًا بيئة حمضية تسمح بتنشيط البِبسينوجين الذي تفرزه بطانة المعدة، وتحويله إلى بِبسين.



الشكل 6: شكل يوضح مكونات عملية الهضم في المعدة. تحتوي المعدة (الممثلة باللون الأحمر) على العصارة المعدية (الممثلة باللون الأخضر)، التي تتكون من البيبسينوجين (الممثل باللون الأزرق) وحمض الهيدروكلوريك. وتوضح الصورة المكبرة عملية تنشيط البيبسينوجين وتحويله إلى البيبسين.

مصطلح رئيسي: البيبسين/البيبسينوجين

البيبسين هو إنزيم بروتييز يحفّز التحلُّل المائي للبروتينات إلى عديدات الببتيد، ويتكون عند تنشيط البيبسينوجين من خلال حمض الهيدروكلوريك في المعدة.

البيبسين هو إنزيم بروتييز يحفِّز التحلُّل المائي لركيزة البروتين المرتبطة به لتحويلها إلى عديدات ببتيد أصغر حجمًا. وتتكسر عديدات الببتيد بعد ذلك لتتحول في النهاية إلى أحماض أمينية في الأمعاء الدقيقة. يتراوح الرقم الهيدروجيني الأمثل للبيبسين بين 1.5 و2.5؛ لذا فإنه يعمل بفعالية داخل بيئة المعدة الحمضية. يعمل المخاط الذي يبطن السطح الداخلي للمعدة على حماية الخلايا الموجودة بجدران المعدة من الهضم بواسطة البيبسين.

مصطلح رئيسي: الهضم في المعدة

الهضم في المعدة هو عملية تحدث داخل المعدة، وتشمل الهضم الميكانيكي من خلال الحركة الدودية في جدران المعدة والهضم الكيميائي من خلال إنزيم البيبسين.

عند قاع المعدة، توجد حلقة عضلية أخرى تُسمَّى «العضلة العاصرة البوابية». عادةً ما تكون العضلة العاصرة البوابية مُغلقة أيضًا، إلا أن الانقباض الذي يحدث خلال الحركة الدودية يؤدي إلى فتحها لفترة وجيزة للسماح لبعض الطعام بالمرور من المعدة إلى الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة وهو الاثنا عشر.



مثال ٢: تحديد دور الببسين في عملية الهضم في المعدة

ما الوظيفة الرئيسية للببسين في عملية الهضم في المعدة؟

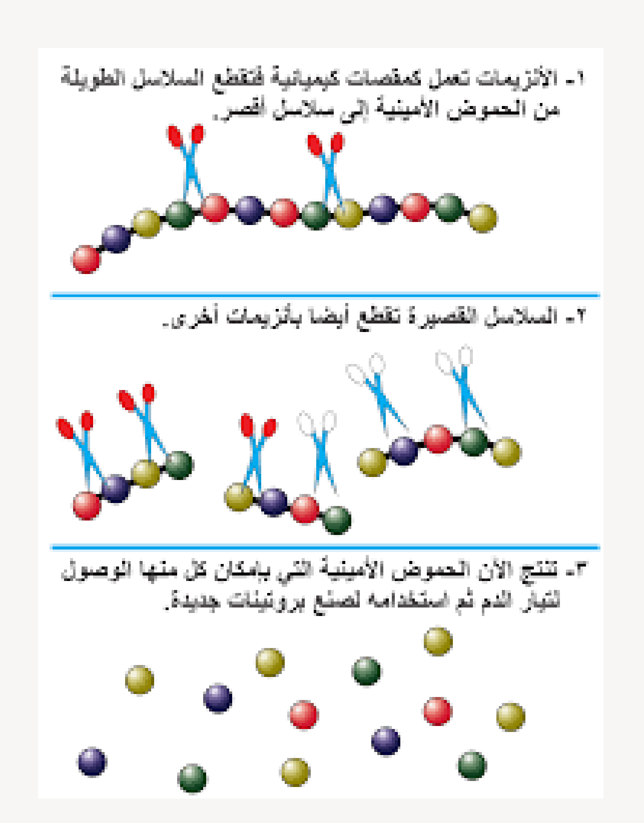
أ. تكسير متعددات السكريات إلى سكريات صغيرة.
ب. استحلاب الدهون.
ج. تكسير البروتينات إلى أجزاء أصغر من عديدات الببتيد.
د. بدء الحركة الدودية في المريء.

الحل

يخلق حمض الهيدروكلوريك (HCl) الموجود في العصارة المعدية وسطًا حمضيًّا. فينشط نوع من البروتينات يُسمّى «الببسينوجين»، الذي تفرزه بطانة المعدة، عندما يختلط مع HCl ويتحول إلى الببسين. والببسين هو إنزيم بروتييز يحفّز عملية التحلّل المائي (التكسير الكيميائي باستخدام الماء) لركيزة البروتين المرتبطة به لتتحول إلى عديدات ببتيد أصغر. يتراوح الرقم الهيدروجيني الأمثل للببسين بين 1.5 و2.5؛ لذا فإنه يعمل بفعالية داخل بيئة المعدة الحمضية.

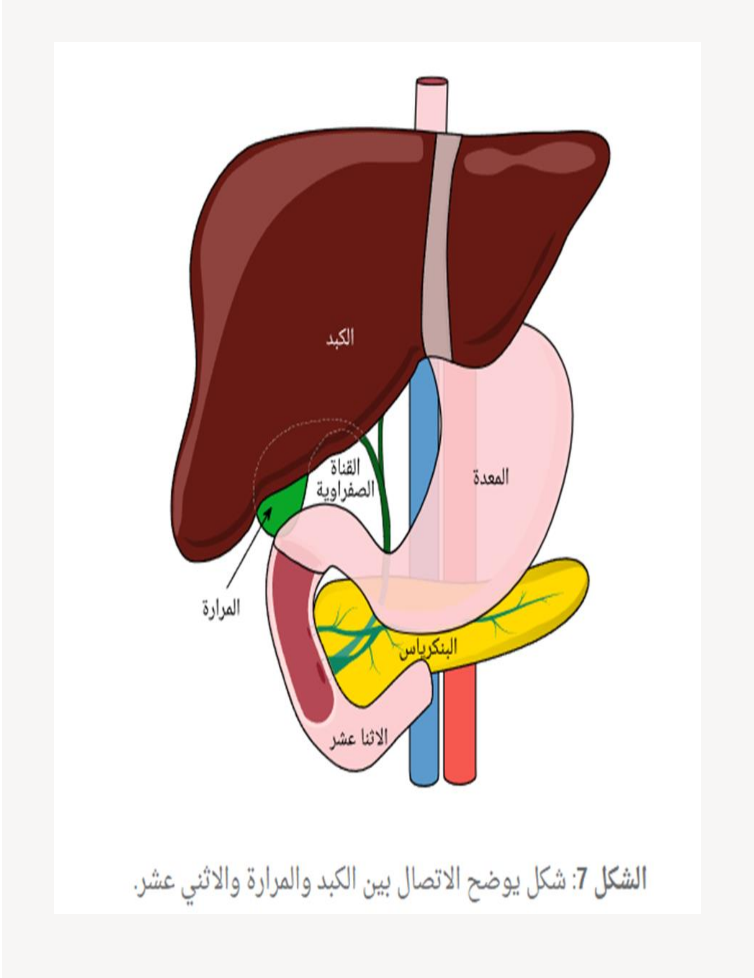
تحفّز إنزيمات الكربوهيدريز تكسير متعدّدات السكريات إلى سكريات أبسط. ولا يحدث ذلك في مرحلة الهضم في المعدة، وإنما يحدث خلال الهضم في الفم والأمعاء فقط. العصارة الصفراوية مسئولة عن استحلاب الدهون. يقع المريء قبل المعدة في الترتيب الذي يمر به الطعام داخل الجهاز الهضمي، ولا تتكسر البروتينات إلا عندما يصل الطعام إلى المعدة. ولا يُفرَز الببسين في المريء لبدء الحركة الدودية؛ لذا فإن هذا ليس الدور الذي يلعبه.

ومن ثمّ، فإن الوظيفة الرئيسية للببسين في عملية الهضم في المعدة هي تكسير البروتينات إلى أجزاء أصغر من عديدات الببتيد.



الجهاز الهضمي

- تصل العصارة البنكرياسية إلى الجزء العلوي من الأمعاء وهو الاثنا عشر؛ حيث تختلط بالعصارة المعوية والعصارة الصفراوية. يفرز الكبد العصارة الصفراوية التي تُخزَّن في المرارة قبل أن تنتقل إلى الاثني عشر عبر القناة الصفراوية، ويوضح الشكل 7 هذه الأعضاء أيضًا. وتعمل العصارة الصفراوية على استحلاب الدهون وتكسيرها إلى كريات أصغر تُسمَّى «قطرات المستحلب». هذا لأن الليبيدات غير قابلة للذوبان في الماء، لكن الإنزيمات التي تكسِّر الدهون قابلة للذوبان في الماء. ويعني الاستحلاب تعرُّض مساحة سطح أكبر من الدهون إلى إنزيمات يمكنها هضم هذه الدهون. ومن ثمَّ، تزيد فعالية التحلُّل المائي لليبيدات.



الشكل 7: شكل يوضح الاتصال بين الكبد والمرارة والاثني عشر.

تحدث آخر مرحلة من عملية الهضم في الأمعاء الدقيقة. تُعد الأمعاء الدقيقة هي المكان الذي يحدث فيه معظم عمليات الهضم الكيميائي؛ حيث تعمل الإنزيمات الموجودة في الأمعاء الدقيقة على هضم البروتينات والكربوهيدرات والليبيدات.

مصطلح رئيسي: الهضم في الأمعاء

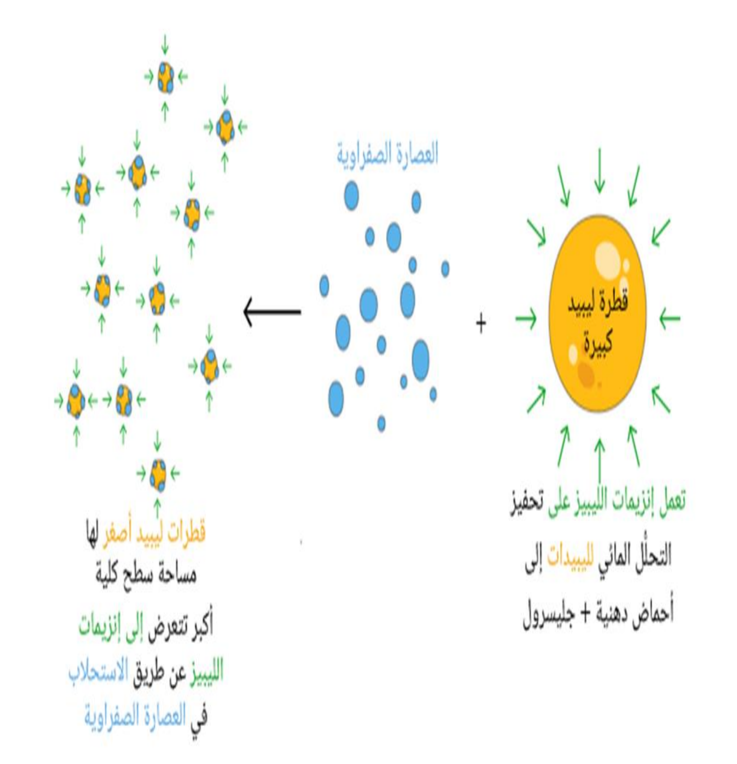
الهضم في الأمعاء هو عملية تحدث داخل الأمعاء الدقيقة، وهي المكان الذي يحدث فيه معظم عمليات الهضم الكيميائي للكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات من خلال الإنزيمات.

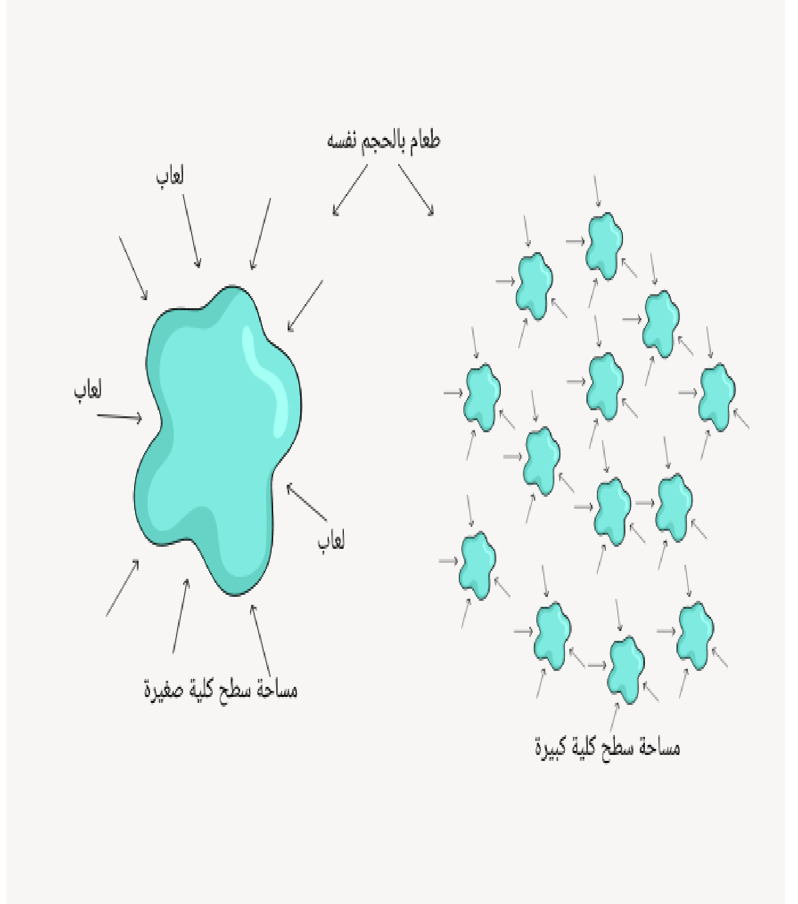
مصطلح رئيسي: العصارة الصفراوية

العصارة الصفراوية هي مادة يفرزها الكبد وتُخزّن في المرارة، وتعمل على استحلاب الليبيدات في الأمعاء الدقيقة.

مصطلح رئيسي: العصارة المعوية

العصارة المعوية هي مادة تفرزها جدران الأمعاء الدقيقة، وتحتوي على إنزيمات الكربوهيدريز والبروتييز والليبيز.





مصطلح رئيسي: العصارة البنكرياسية

العصارة البنكرياسية هي مادة يفرزها البنكرياس تحتوي على إنزيمات الكربوهيدريز والبروتييز والليبيز التي تعمل على تكسير الجزيئات الكبيرة، بالإضافة إلى بيكربونات الصوديوم التي تعادل حمض المعدة في الأمعاء الدقيقة.

مصطلح رئيسي: التربسين/التربسينوجين

التربسين هو إنزيم بروتييز يعمل على تحفيز التحلُّل المائي لعديدات الببتيد إلى ببتيدات أصغر وأحماض أمينية، ويتكون نتيجة تنشيط التربسينوجين من خلال إنزيمات الإنتيروكينيز في الأمعاء الدقيقة.

مصطلح رئيسي: إنزيمات الإنتيروكينيز

تعمل إنزيمات الإنتيروكينيز على تنشيط التربسينوجين عن طريق تحويله إلى التربسين.



مثال ٣: تحديد دور العصارة الصفراوية في عملية الهضم في الأمعاء

ما الوظيفة الأساسية للعصارة الصفراوية في الهضم؟

أ. استحلاب الدهون.
ب. تكسير البروتينات.
ج. تنشيط التربسينوجين.
د. تحفيز التحلُّل المائي للكربوهيدرات.

الحل

- العصارة الصفراوية هي مادة يفرزها الكبد وتُخزَّن في المرارة قبل أن تنتقل إلى الاثني عشر، أي الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة. وتختلط العصارة الصفراوية داخل الاثني عشر بالعصارة البنكرياسية والعصارة المعوية.
- العصارة الصفراوية مسئولة عن استحلاب الدهون (الليبيدات) وتكسيرها إلى كريات أصغر تُسمَّى «قطرات المستحلب». وتقوم العصارة الصفراوية بذلك لأن الليبيدات غير قابلة للذوبان في الماء، لكن الإنزيمات التي تكسِّر الدهون قابلة للذوبان في الماء. يعني الاستحلاب تعرُّض مساحة سطح أكبر من الدهون إلى إنزيمات يمكنها هضم هذه الدهون، كما هو موضح في الشكل الآتي. ويؤدي ذلك إلى رفع كفاءة التحلُّل المائي لليبيدات، ومن ثمَّ تتكسر هذه الليبيدات بشكل أسرع وأكثر فعالية.
- تختص إنزيمات البروتييز بتكسير البروتينات، بينما تختص إنزيمات الكربوهيدريز بتكسير الكربوهيدرات مثل النشا. التربسينوجين هو إنزيم غير نشط يتم تنشيطه من خلال إنزيم الإنتيروكينيز داخل الاثني عشر ليتحول إلى التربسين. والتربسين هو أحد إنزيمات البروتييز.
- ومن ثمَّ، فإن الوظيفة الأساسية للعصارة الصفراوية في الهضم هي استحلاب الدهون.



الجهاز الهضمي

- تحتوي العصارة البنكرياسية على بيكربونات الصوديوم، وهي مادة قلوية تعادل العصارة المعدية الحمضية التي تفرزها المعدة، عند انتقالها إلى الاثني عشر. ويعني هذا أن الرقم الهيدروجيني في الاثني عشر يساوي حوالي 6، لكنه يرتفع مع استمرار الأمعاء الدقيقة في توفير الرقم الهيدروجيني الأمثل للعديد من الإنزيمات التي تعمل داخلها.
- تحتوي العصارة البنكرياسية على إنزيمات الأميليز التي تحفِّز التحلُّل المائي للكربوهيدرات إلى سكريات بسيطة، كما تحتوي أيضًا على إنزيمات الليبيز التي تحفِّز التحلُّل المائي لليبيدات إلى أحماض دهنية وجليسرول. تحتوي العصارة البنكرياسية أيضًا على التربسينوجين. وينشط التربسينوجين عندما يصل إلى الاثني عشر ويختلط بإنزيم يُسمَّى «الإنتيروكينيز». فيؤدي ذلك إلى تحويل التربسينوجين إلى التربسين، وهو إنزيم بروتييز يحفِّز التحلُّل المائي للبروتينات لتتحول إلى عديدات ببتيد أصغر ثم إلى أحماض أمينية في النهاية.



الجهاز الهضمي

- تختلط العصارة البنكرياسية والعصارة الصفراوية مع العصارة المعوية التي تفرزها الخلايا الموجودة بجدار الأمعاء الدقيقة. وتحتوي العصارة المعوية على إنزيمات البروتييز والليبيز والكربوهيدريز أيضًا. يوجد العديد من إنزيمات الكربوهيدريز، مثل: المالتيز الذي يُكسِّر المالتوز إلى جلوكوز، والسكريز الذي يُكسِّر السكروز إلى جلوكوز وفركتوز، واللاكتيز الذي يُكسِّر اللاكتوز إلى جلوكوز وجالاكتوز. يستمر أيضًا تكسير النشا، الذي بدأ في الفم، بواسطة إنزيمات الأميليز، في الأمعاء الدقيقة.
- بمجرد تكسير المغذيات بشكل كافٍ عن طريق جميع هذه الإنزيمات، يبدأ جدار الأمعاء الدقيقة في امتصاص السكريات البسيطة والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والجليسرول. بعد ذلك، تمتص الشعيرات الدموية الموجودة بجدار الأمعاء الدقيقة السكريات والأحماض الأمينية وتنقلها إلى الدم لتصل إلى خلايا الجسم. ولأن كلًّا من الأحماض الدهنية والجليسرول غير قابل للذوبان في الماء وحجمه كبير لدرجة لا تسمح له بالمرور عبر الشعيرات الدموية، تنتقل الأحماض الدهنية والجليسرول عبر الأوعية اللبنية إلى الجهاز الليمفاوي. وتدخل بعد ذلك مجرى الدم من خلال موضع اتصال أوسع.

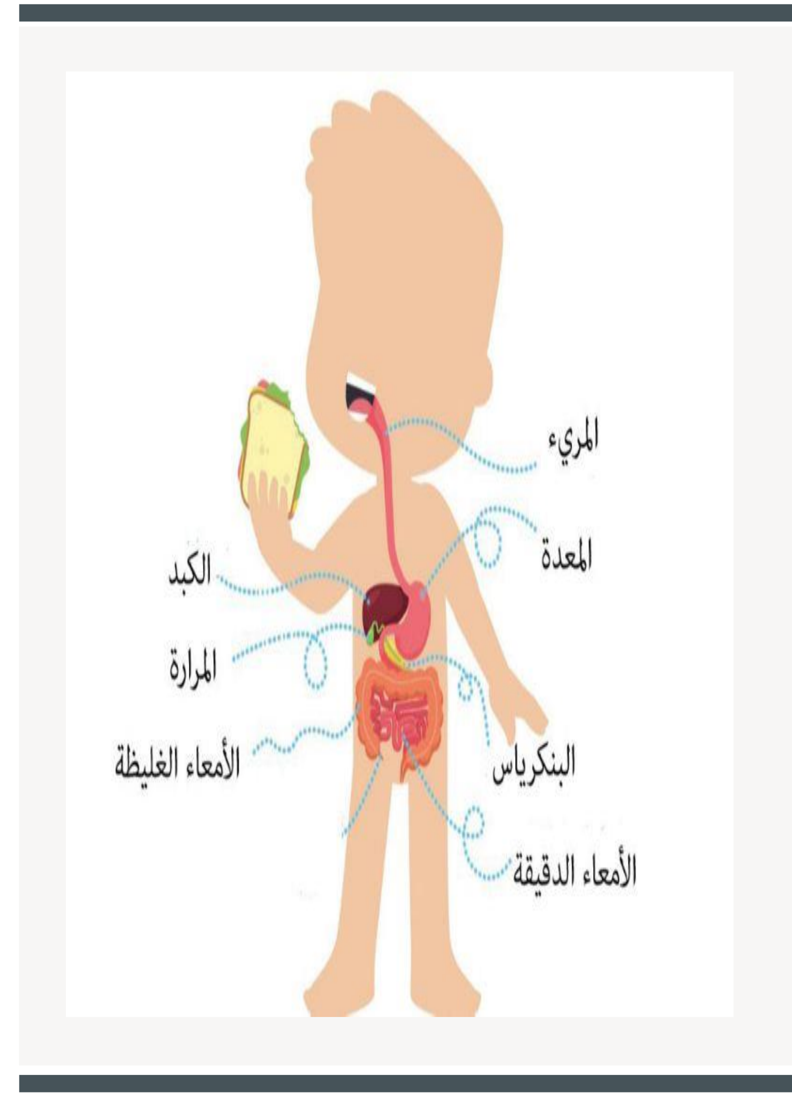


مثال ٤: تحديد وظائف مكوّنات العصارة البنكرياسية

يوضّح الجدول الآتي تركيب العصارة البنكرياسية.

المادة	بيكربونات الصوديوم	الأميليز	التربسينوجين	الليبيز
الوظيفة	معادلة حمض HCl الذي تطلقه المعدة لإبقاء الوسط في الاثني عشر قلويًّا قليلًا	ـــــــ	يُنشَّط بواسطة إنزيم الإنتيروكينيز ليكوّن التربسين وهو أحد إنزيمات البروتييز	ـــــــ

١. ما وظيفة الأميليز؟
٢. ما وظيفة الليبيز؟





الحل

تحتوي العصارة البنكرياسية على بيكربونات الصوديوم، وهي مادة قلوية تعمل على معادلة العصارة المعدية الحمضية عند انتقالها إلى الاثني عشر. ويعني هذا أن الرقم الهيدروجيني في الاثني عشر يساوي حوالي 6، لكنه يرتفع مع استمرار الأمعاء الدقيقة في توفير الرقم الهيدروجيني الأمثل للعديد من الإنزيمات التي تعمل داخلها.

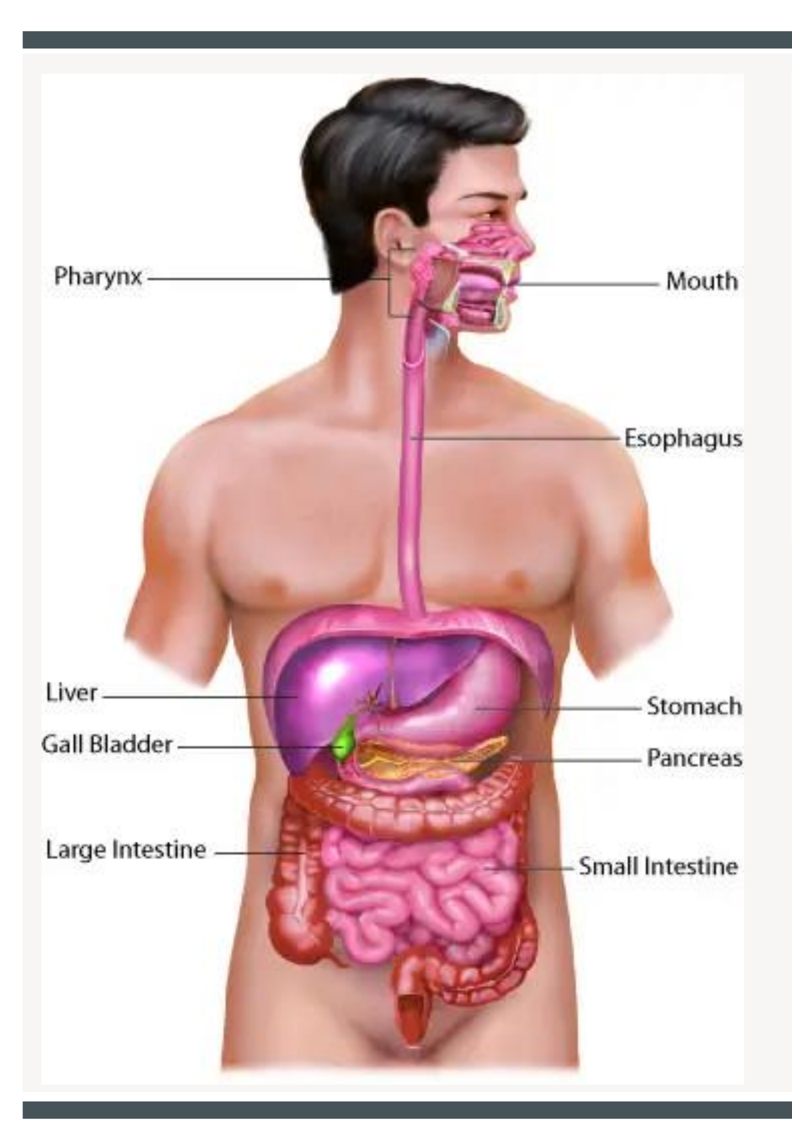
تحتوي أيضًا العصارة البنكرياسية على إنزيمات الأميليز التي تحفّز التحلُّل المائي للكربوهيدرات، مثل الجليكوجين والنشا إلى سكريات بسيطة. ويوجد بالعصارة البنكرياسية أيضًا إنزيمات الليبيز التي تحفّز التحلُّل المائي لليبيدات إلى أحماض دهنية وجليسرول.

تحتوي العصارة البنكرياسية أيضًا على التربسينوجين. وينشط التربسينوجين عندما ينتقل إلى الاثني عشر ويختلط بإنزيم يُسمَّى «الإنتيروكينيز». فيؤدي ذلك إلى تحويل التربسينوجين إلى التربسين، وهو إنزيم بروتييز يحفّز التحلُّل المائي للبروتينات إلى عديدات ببتيد أصغر ثم إلى أحماض أمينية في النهاية.

إذن، الإجابتان الصحيحتان على السؤالين السابقين هما:

١. تحفيز التحلُّل المائي للكربوهيدرات والجليكوجين والنشا.
٢. تحفيز التحلُّل المائي للدهون إلى جزيئات جليسرول وأحماض دهنية.

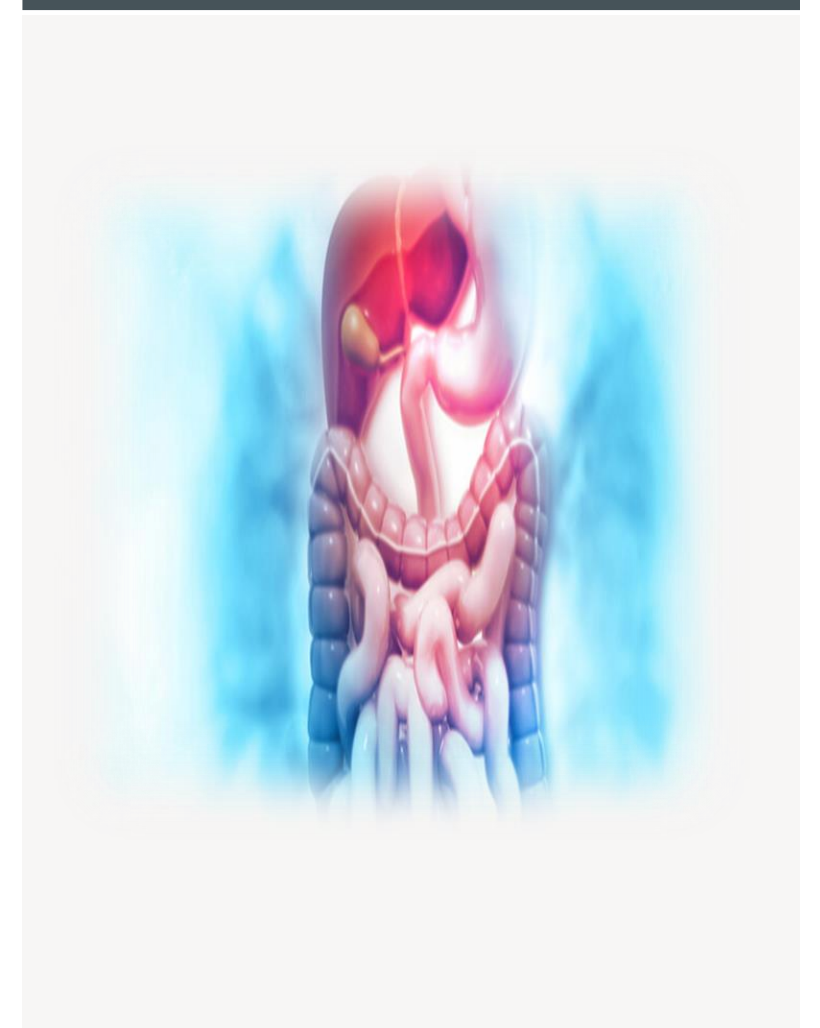




مثال ٥: تحديد ترتيب مراحل الهضم

أيٌّ من الآتي الترتيب الصحيح لمراحل الهضم المختلفة؟

أ. الهضم في الفم ⟵ الهضم في المعدة ⟵ الهضم في الأمعاء.
ب. الهضم في المعدة ⟵ الهضم في الفم ⟵ الهضم في الأمعاء.
ج. الهضم في الأمعاء ⟵ الهضم في المعدة ⟵ الهضم في الفم.
د. الهضم في الفم ⟵ الهضم في الأمعاء ⟵ الهضم في المعدة.



الحل

يدخل الطعام أولًا إلى الفم؛ حيث يختلط باللعاب ويُهرَس على شكل كرة تُسمّى «كتلة الطعام الممضوغ». وتسمّى هذه العملية «الهضم في الفم». يشير «الهضم في الفم» إلى عمليات الهضم التي تحدث داخل الفم، والتراكيب الرئيسية المشاركة فيها هي الأسنان واللسان والغدد اللعابية. الأسنان البشرية مُهيّأة تمامًا لمضغ جميع أنواع الأطعمة؛ لأن غالبية البشر خليطة التغذية؛ أي إنها تتغذى على المنتجات الحيوانية والنباتية. وتعمل الغدد اللعابية على إفراز اللعاب الذي يحتوي على المخاط لتليين الطعام، كما يحتوي أيضًا على إنزيم الأميليز. يُحفِّز الأميليز تكسير النشا الموجود في الطعام إلى المالتوز عن طريق التحلُّل المائي ثم يتكسر المالتوز من خلال إنزيمات المالتيز إلى جلوكوز. ويساعد اللسان على تحريك الطعام وخلطه باللعاب.

تنتقل كتلة الطعام الممضوغ من الفم عبر المريء إلى المعدة؛ حيث تحدث عملية الهضم في المعدة. وتتضمن هذه العملية خلط الطعام مع حمض الهيدروكلوريك وإنزيمات البروتييز التي تحفِّز عملية التحلُّل المائي للبروتينات إلى عديدات الببتيد. تتكسر عديدات الببتيد بعد ذلك لتتحول في النهاية إلى وحدات فرعية من الأحماض الأمينية في الأمعاء الدقيقة.

تنتقل كتلة الطعام الممضوغ بعد ذلك إلى الأمعاء الدقيقة؛ حيث تحدث عملية الهضم في الأمعاء، وهي المكان الذي يحدث فيه الجزء الأكبر من عمليات الهضم الكيميائي. يفرز البنكرياس بيكربونات الصوديوم التي تعادل حمض المعدة، كما يفرز أيضًا العديد من الإنزيمات التي تهضم البروتينات والكربوهيدرات والليبيدات. وتعمل العصارة الصفراوية التي يفرزها الكبد على استحلاب الليبيدات ليسهل هضمها من خلال إنزيمات الليبيز.

إذن، فإن الترتيب الصحيح لمراحل الهضم المختلفة هو: الهضم في الفم ⟵ الهضم في المعدة ⟵ الهضم في الأمعاء.



- الملخص
- يدخل الطعام أولًا إلى الفم؛ حيث يختلط باللعاب ويُهرَس على شكل كرة تُسمَّى «كتلة الطعام الممضوغ». وتُسمَّى هذه العملية «الهضم في الفم». تنتقل كتلة الطعام الممضوغ من الفم عبر المريء إلى المعدة؛ حيث تحدث عملية الهضم في المعدة ثم تنتقل إلى الأمعاء الدقيقة؛ حيث تحدث عملية الهضم في الأمعاء، وهي المكان الذي يحدث فيه الجزء الأكبر من عمليات الهضم الكيميائي. يتقلص حجم كتلة الطعام الممضوغ بمجرد وصولها إلى المعدة وتُعرَف باسم «الكيموس».
- يمر الكيموس بعد ذلك إلى الأمعاء الغليظة التي تعيد امتصاص الماء وأية فيتامينات وأملاح متبقية من الكيموس لتكوين براز صُلب. يُخزَّن البراز في المستقيم قبل أن يتخلص منه الجسم عن طريق التبرُّز عبر فتحة الشرج.

الفم
الحنك
العربية
اللسان
الأسنان
الغدد اللعابية
تحت اللسان
تحت الفك السفلي
النكفية
البلعوم
المَريء
الكبد
المرارة
القناة الصفراوية المشتركة
الأمعاء الدقيقة
اثنا عشر
الصائم
الدقاق
الزائدة الدودية
الشرج
المعدة
البنكرياس
قناة البنكرياس
الأمعاء الغليظة
المستعرض القولون
تصاعدي القولون
الأعور
تنازلي القولون
السيني القولون
المستقيم

